

⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT

# Offenlegungsschrift

⑯ DE 3102110 A1

⑯ Int. Cl. 3:

H 01 Q 3/36

⑯ Anmelder:

Licentia Patent-Verwaltungs-GmbH, 6000 Frankfurt, DE

⑯ Erfinder:

Petri, Ulrich, Dr.-Ing., 7900 Ulm, DE

Rechercheantrag gem. § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt

## ⑯ Phasengesteuerte Gruppenantenne

Bei phasengesteuerten Gruppenantennen, insbesondere bei seriell gespeisten Arrays, treten toleranzbedingte Abweichungen der Strahleramplituden von den zur Erzielung des gewünschten Diagramms erforderlichen Amplituden auf. Da eine Einhaltung von engeren Toleranzen vom Aufwand her nicht vertretbar ist und eine nachträgliche Amplitudenregelung nur durch zusätzliche Leistungsverluste zu erkauft wären, werden die Phasen der einzelnen Strahlerlemente durch zusätzliche Korrekturen so eingestellt, daß die Diagrammverzerrungen kompensiert werden. Für die Einstellung der Phasenkorrektur werden die zur Diagrammverbreiterung und Schwenkung bereits vorgesehenen Phasenschieber mit verwendet.

(31 02 110)

DE 3102110 A1

BEST AVAILABLE COPY

ORIGINAL INSPECTED

BUNDESDRUCKEREI BERLIN 07.82 230 033/194

K 002244

DE 3102110 A1

23.01.81

3102110

Licentia Patent-Verwaltungs-GmbH  
Theodor-Stern-Kai 1  
D-6000 Frankfurt 70

NE2-UL 1-1/2  
UL 80/2

Patentansprüche

1. Phasengesteuerte Gruppenantenne mit einer Gruppe von einzelnen Strahlerelementen oder Zeilen von Strahlergruppen mit je einem steuerbaren Phasenschieber, die über ein Verteilernetzwerk mit einer gemeinsamen Speiseleitung verbunden sind, wobei die Soll-Belegung der relativen Amplituden der einzelnen Strahlerelemente durch den Ort des einzelnen Strahlerelements innerhalb der Strahlergruppe und durch das gewünschte Antennendiagramm festgelegt ist, dadurch gekennzeichnet, daß in einem Lesespeicher für die individuelle Einstellung der steuerbaren Phasenschieber Einstellwerte gespeichert sind, die nach Maßgabe der Abweichung des gemessenen Verlaufs der tatsächlichen relativen Amplituden der einzelnen Strahlerelemente von der Soll-Belegung so bemessen sind, daß die Einstellung der Phasenschieber durch eine Steuereinrichtung auf diese Einstellwerte eine Kompensation der durch die Amplitudabweichungen hervorgerufenen Diagrammverzerrungen bewirkt.

...  
K 002245  
BAD ORIGINAL

23.01.81.

3102110

- 2 -

UL 80/90

2. Phasengesteuerte Gruppenantenne nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, daß der Einstellwert  $\phi_n^B$  zur  
Steuerung der Phasen des n-ten Strahlelementes mit der  
gemessenen Amplitudenbelegung  $P_A(x)$  in der Antennen-  
05 apertur in Abhängigkeit von der parallel zum betrachteten  
Diagrammschnitt verlaufenden Koordinaten x und der ge-  
wünschten Diagrammform  $P_F(\vartheta)$  in Abhängigkeit vom Winkel  
der Abstrahlrichtung  $\vartheta$  über die Beziehung

$$\phi_n^B = \phi_{\text{const.}} + \int_{-\frac{D}{2}}^{x_n} \frac{2\pi}{\lambda_0} \tan \vartheta(x) dx$$

10 mit  $\vartheta(x)$  so definiert, daß

$$\int_{-\frac{D}{2}}^x P_A(\xi) d\xi = \int_{-\vartheta_0}^{\vartheta(x)} P_F(\theta) d\theta$$

verknüpft ist, wobei  $x_n$  die Koordinate des n-ten Antennen-  
elements, D der Durchmesser der Antennenapertur und  $-\vartheta_0$   
der Winkel, bei dem die Abstrahlung beginnen soll, sind  
15 und die Phasenverschiebung  $\phi_{\text{const}}$  beliebig, aber für  
alle Strahlelemente gleich ist.

3. Phasengesteuerte Gruppenantenne nach Anspruch 1 oder  
2, dadurch gekennzeichnet, daß die steuerbaren Phasen-  
schieber zugleich noch mit der Steuereinrichtung zur  
20 elektronischen Schwenkung des Diagramms verbunden sind.

K 002246

23.01.31

3102110

- 3 -

UL 80/90

4. Phasengesteuerte Gruppenantenne nach einem der An- sprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß für die Betriebsart mit mehreren Sendefrequenzen zu jeder Sendefrequenz ein eigener Satz Einstellwerte gespeichert ist.

K 002247

23.01.81

3102110

4

- 4 -  
Licentia Patent-Verwaltungs-GmbH  
Theodor-Stern-Kai 1  
D-6000 Frankfurt 70

NE2-UL/We/sa  
UL 80/90

#### Phasengesteuerte Gruppenantenne

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine phasengesteuerte Gruppenantenne der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 angegebenen Art. Derartige Antennen finden insbesondere als Radarantennen für Luftraumüberwachung vor 05 teilhafte Anwendung.

Es ist bekannt, daß sich die Richtung der Antennenkeule von Gruppenantennen durch Veränderung der Phase der Antennen-elemente trägeheitslos verändern läßt. Bei einem ebenen oder linearen Array sind die Werte der Phasen der Ströme in den 10 einzelnen Antennenelementen nach der folgenden bekannten Formel einzustellen:

$$\varphi_n = - \frac{2\pi}{\lambda_0} x_n \sin \psi \quad (1).$$

...

K 002248

In dieser Formel ist  $\phi_n$  die Größe der einzustellenden Phase des n-ten Strahlelementes,  $\sin \varphi$  ist der Sinus des Winkels der Abstrahlrichtung  $\varphi$  gegen die Normale auf der Antennenfläche,  $x_n$  ist die Koordinate des Antennenelementes in der Richtung parallel zur Ebenen die durch Normale und Abstrahlrichtung gebildet wird und  $\lambda_0$  ist die Wellenlänge.

Bei Radarantennen zur Luftraumüberwachung ist es darüber hinaus üblich, die Phasensteuerung nicht nur zur Strahlschwenkung, sondern auch zur Verbreiterung der Antennenkeule (beam spoiling) zu benutzen. Dabei wird der Steuerungsphase  $\phi_n$  ein zweiter Wert  $\phi_n^B$  hinzugeaddiert, der bewirkt, daß das von den Antennenelementen angeregte Wellenfeld nicht mehr eine ebene Phasenfront, sondern eine gekrümmte Phasenfront aufweist. Als besonders geeignet hat sich z. B. ein Verlauf dieser Keulenverbreiterungsphase  $\phi_n^B$  proportional dem Cosinus des Abstands von der Antennenmitte erwiesen

$$\phi_n^B \sim \cos \pi \frac{x_n}{D} \quad (2).$$

Dabei ist D der Durchmesser der Gruppenantenne in x-Richtung und x werde von der Mitte der Antennenfläche aus gemessen. Die Realisierung dieser verbreiterten Antennenkeulen führt in der Praxis vielfach zu unbefriedigenden Ergebnissen, da die durch Krümmung der Phasenfront verbreiterten Diagramme empfindlich bezüglich fehlerhaften Abweichungen der Amplitude der Antennenelemente sind. Die Krümmung der Phasenfront bewirkt nämlich, daß die von der Antennenfläche abgestrahlte Leistung nicht mehr vorzugsweise nur in eine Raumrichtung abgestrahlt wird, sondern

...

daß jedes Antennenelement vorzugsweise in die Richtung der Senkrechten auf die Phasenfront am jeweiligen Ort des Elements strahlt. Damit ist der Verlauf der Amplitude der Hauptkeule des Antennendiagramms angenähert ein Abbild des Amplitudenverlaufs über die Antennenfläche. Nun weisen Leitungssysteme zur Speisung der Antennenelemente vielfach toleranzbedingte oder sogar systematische Fehler auf, insbesondere die wegen ihrer Kompaktheit bevorzugten seriellen Speisungen, vor allem bei breitbandiger Verwendung. Dies hat zur Folge, daß die erzielten Antennenkeulen verformt sind, welches wiederum in der Radaranwendung zu fehlerhaften Richtungsbestimmungen führt.

Eine Einschränkung der Toleranzen würde zu einem erheblichen Aufwand in der Entwicklung und Produktion solcher Speisungen führen. Eine nachträgliche Korrektur der Amplitudenwerte wäre nur durch zusätzliche Leistungsverluste zu erkauft und ist schwierig zu realisieren.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine phasensteuerte Gruppenantenne anzugeben, die ohne größeren zusätzlichen Aufwand die störenden Auswirkungen der toleranzbedingten Amplitudenfehler auf das Diagramm beseitigt, ohne zusätzliche Leistungsverluste in Kauf nehmen zu müssen.

Die erfindungsgemäße Lösung ist bei einer Antenne der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 beschriebenen Art durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1 gegeben.

Anspruch 2 beschreibt eine besonders vorteilhafte Ausführung des Erfindungsgedankens. Die Ansprüche 3 und 4 geben günstige Weiterbildungen der Erfindung an.

\*\*\*

Wesentlich an der Erfindung ist also die Kompensation der Auswirkung der fehlerhaften Amplituden durch Einstellung der Steuerphasen nach Maßgabe der gemessenen Amplitudenverteilung. Nachdem die phasengesteuerte Gruppenantenne ohnehin über die dazu notwendigen Phasenschieber verfügt, ist für die erfindungsgemäße Antenne nur eine zusätzliche Funktion des zur Steuerung der Phasenschieber verwendeten Rechners (Beam Stearing Unit) nötig.

Im folgenden wird eine besonders vorteilhafte Ausführung des Erfindungsgedankens unter Bezugnahme auf die Abbildungen eingehend beschrieben.

Grundlage der nachfolgenden Herleitung einer Beziehung zwischen gemessenem Amplitudenverlauf und Einstellwerten für die Phaseneinstellung ist die Anwendung der geometrischen Optik auf die Synthese von Antennendiagrammen durch Gestaltung des Phasenverlaufs, wie sie z. B. für die Berechnung von Reflektorantennen üblich und z. B. in S. Silver: *Mikrowave Antenna Theory and Design*, Mc.Graw-Hill 1949, pp. 497 ff. beschrieben ist.

Ziel dieser Synthese ist es, zu einer gegebenen Verteilung der HF-Leistung über den Antennenquerschnitt  $P_A(x)$  den Phasenverlauf zu finden, der bewirkt, daß diese Leistung gemäß einer gewünschten Verteilungsfunktion  $P_F(\psi)$  im Fernfeld abgestrahlt wird, d. h., daß in den betrachteten Schnittebenen ein Antennendiagramm mit gewünschtem Verlauf in Abhängigkeit zum Richtungswinkel  $\psi$  erzielt wird. Wegen der Reziprozität gelten grundsätzlich alle Ausführungen auch analog für die Empfangsantenne.

Da, wie bereits dargelegt, bei diesem Verfahren der Diagrammsynthese jede Zone der Antenne hauptsächlich in eine bestimmte Raumrichtung strahlt, kann aus dem Energieerhaltungssatz folgende Zuordnung der Querschnittskoordinaten  $x$  05 zum Winkel  $\psi$  gefunden werden

$$\int_{\frac{-D}{2}}^x P_A(\psi) d\psi = \int_{\theta = \psi_0}^{\psi(x)} P_F(\theta) d\theta \quad (3)$$

D sei der Durchmesser der Antenne und  $\psi_0$  die Richtung, bei der die gewünschte Abstrahlung beginnen soll. Die Verteilung der Leistung über den Antennenquerschnitt lässt sich 10 durch Messung an der montierten Gruppenantenne bestimmen. Entweder misst man sie an den Eingängen der Erreger - in diesem Fall ist das Integral durch die Summe über die Leistung der Erreger zu ersetzen - oder direkt vor den Erregern auf einem Nahfeldmeßplatz.

15 Falls es sich nicht um eine lineare Antennengruppe, sondern um ein zweidimensionales Array handelt, ist jeweils die mittlere Leistung einer Zeile von Elementen quer zu Ebenen der betrachteten Abstrahlrichtung zu nehmen.

Die gewünschte Leistungsverteilung im Fernfeld hängt vom 20 Anwendungszweck ab. Vielfach wird ein Sektordiagramm gefordert:

$$P_F^S(\theta) = \begin{cases} P_0 & \text{für } -\psi_0 \leq \theta \leq \psi_0 \\ 0 & \text{für } |\theta| > \psi_0 \end{cases} \quad (4)$$

Dieses ideale Wunschdiagramm führt allerdings wegen der Beugungseffekte zu Realisierungen mit oszillierendem Diagrammverlauf. Daher empfiehlt es sich, anstelle der idealen Sektorfunktion (4) eine dieser ähnlichen zu wählen, die 05 keine scharfen Sprünge aufweist. Wenn die Antennenverwendung keine andere Leistungsverteilung im Fernfeld erfordert, ist entsprechend ein anderes Wunschdiagramm zu wählen (etwa Cosecans im Quadrat).

Sind beide Funktionen  $P_A$  und  $P_F$  gegeben, so läßt sich durch 10 numerische Integration von (3) jedem Koordinatenwert  $x$  auf der Antennenapertur eine Abstrahlrichtung  $\psi(x)$  zuordnen. Die gesuchten Phasen  $\varphi_n^B = \varphi(x_n)$  ergeben sich aus der Tatsache, daß die Abstrahlrichtung senkrecht auf der Phasenfront steht, d. h. bei Zählung des Winkels  $\psi$  von der Normalen auf 15 die  $x$ -Richtung aus ist die Ableitung der Phase nach der Koordinaten  $x$  gleich dem Tangens des Winkels  $\psi$ .

$$\frac{d\varphi}{dx} = \frac{2\pi}{\lambda_0} \quad \operatorname{tg} \psi(x) \quad (5).$$

Die numerische Integration von (5)

$$\varphi_n^B = \varphi(x_n) = \text{const.} \int_{-\frac{D}{2}}^{\frac{D}{2}} \frac{2\pi}{\lambda_0} \quad \operatorname{tg} \psi(x) \quad dx \quad (6)$$

20 liefert direkt den Einstellwert für die Steuerphase des Elements am Ort  $x_n$ .

Diese Phasenwerte werden in dem zur Steuerung des Phasenschiebers verwendeten Rechner als Konstante gespeichert.

Soweit die Radaranlage in mehreren Frequenzen betrieben wird und die Strahlungsamplituden der Elemente sich über die Frequenz erheblich ändern, sind die Phasenwerte für jede Frequenz gesondert zu bestimmen und abzuspeichern.

05 FIG. 1 zeigt ein Beispiel für eine lineare Gruppe von Dipolen (1-6) mit den Koordinaten  $x_1-x_6$ , die von einem Sender T über eine Speiseleitung S angeregt werden. Die Phasen  $\phi_1-\phi_6$  können durch elektronische Phasenschieber eingestellt werden. Vor den Dipolen ergibt sich eine Ver-  
 10 teilung der HF-Leistung  $P_A(x)$ , die z. B. mit einem Test-empfänger R gemessen werden kann.

FIG. 2A zeigt den optischen Strahlengang und Kurven gleicher Phase vor der Gruppenantenne nach FIG. 1. Durch die Phaseneinstellung geht von der Antennenapertur A eine  
 15 gekrümmte Wellenfront aus. Die abgestrahlte Leistung verläuft parallel zu den optischen Strahlen S, die senkrecht auf den Kurven gleicher Phase P stehen, in die Raumrich-  
 tung  $\vec{v}$ . Die Winkellage der Strahlen  $\vec{v}(x)$  hat so zu er-  
 20 folgen, daß die Leistungsdichte pro Winkeleinheit dem ge-  
 forderten Verlauf  $P_F(\vec{v})$  entspricht. Ein Beispiel für eine solche gewünschte Leistungsverteilung im Fernfeld, ein  
 Sektordiagramm, ist in FIG. 2B dargestellt.

Die FIG. 3A zeigt (in kartesischer Darstellung) einen Querschnitt durch ein Diagramm einer seriell gespeisten  
 25 Gruppenantenne ohne die erfundungsgemäße Korrektur der Amplitudenfehler über die Einstellung der Steuerphasen. Deutlich erkennbar sind die assymetrischen Diagrammver-  
 zerrungen, die beim Betrieb der Antenne zu beträchtlichen Winkelmeßfehlern führen können. FIG. 3B zeigt demgegen-  
 30 über das unter Anwendung des Erfindungsgedankens auf die-  
 selbe Antenne korrigierte Diagramm.

23.01.81

13  
3102110

Nummer:  
Int. Cl.3:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

3102110  
H01Q 3/36  
23. Januar 1981  
19. August 1982

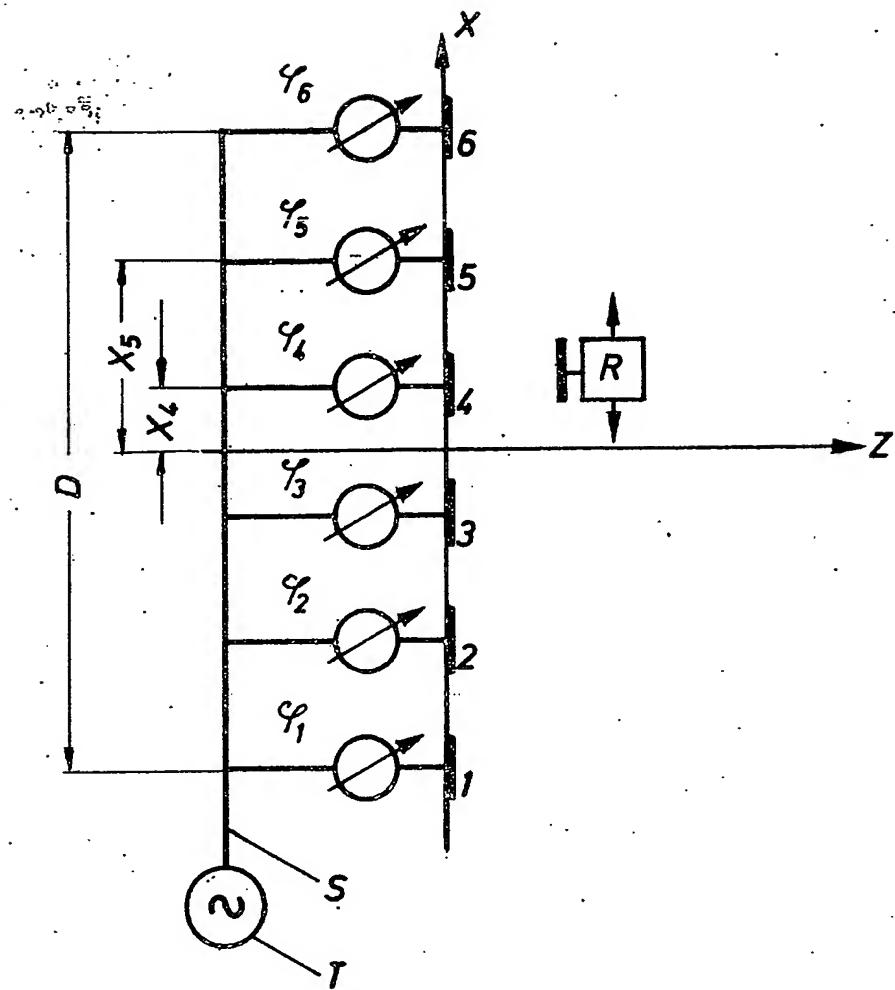


FIG. 1

UL 80/90K 002255

23-01-81

3102110

-11-

2/3

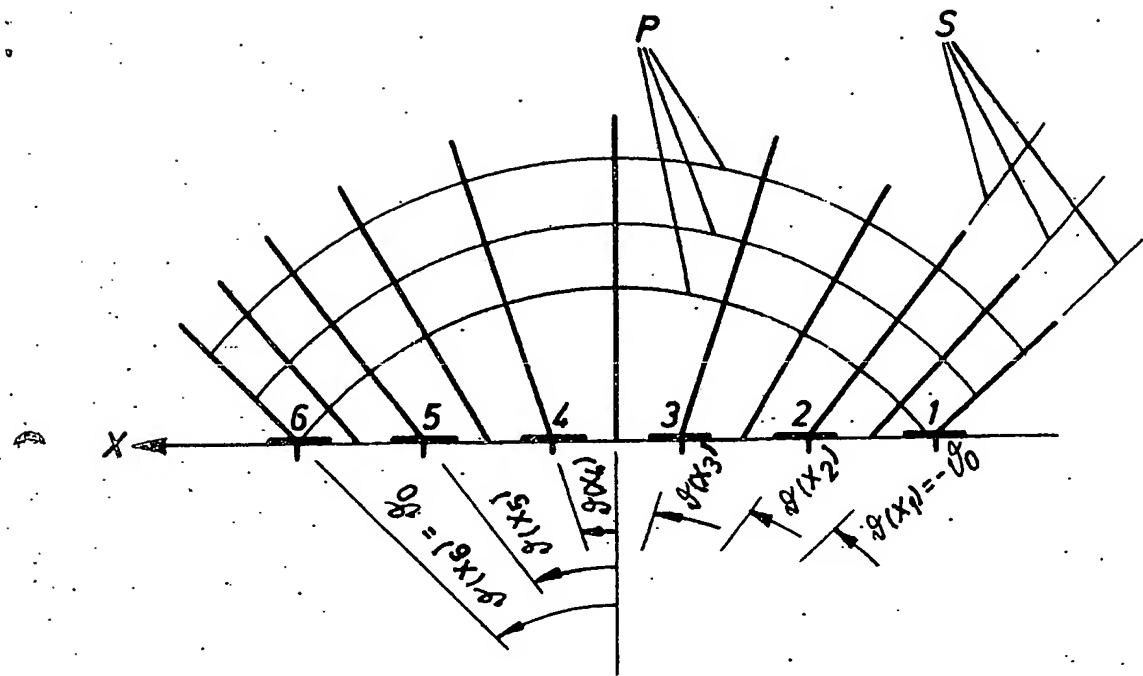


FIG. 2A

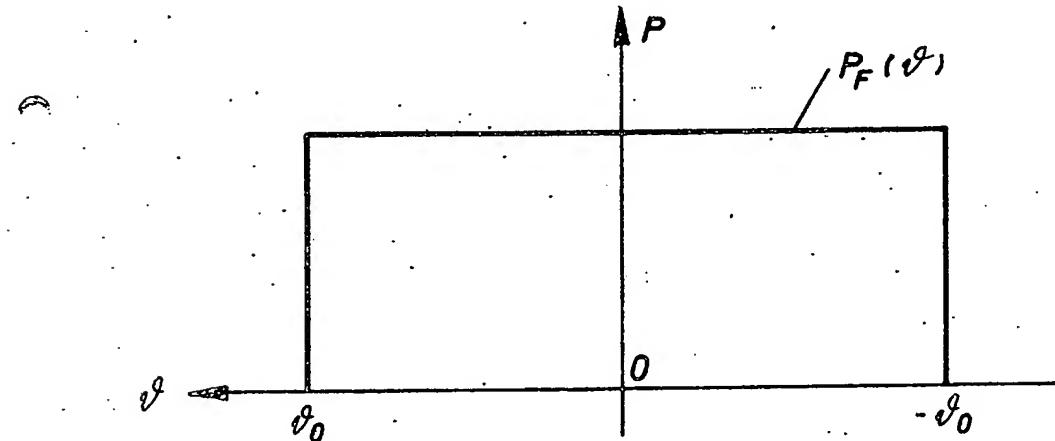


FIG. 2B

UL 80/90 K 002256

20-01-81

3102110

12

3/3

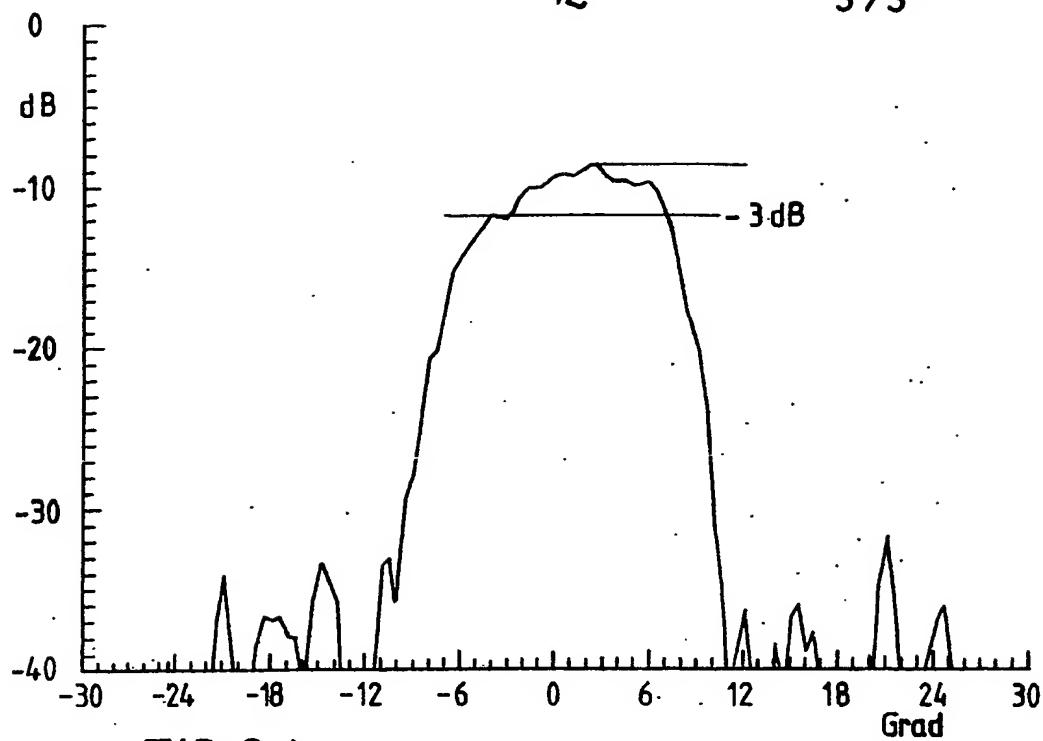


FIG. 3A

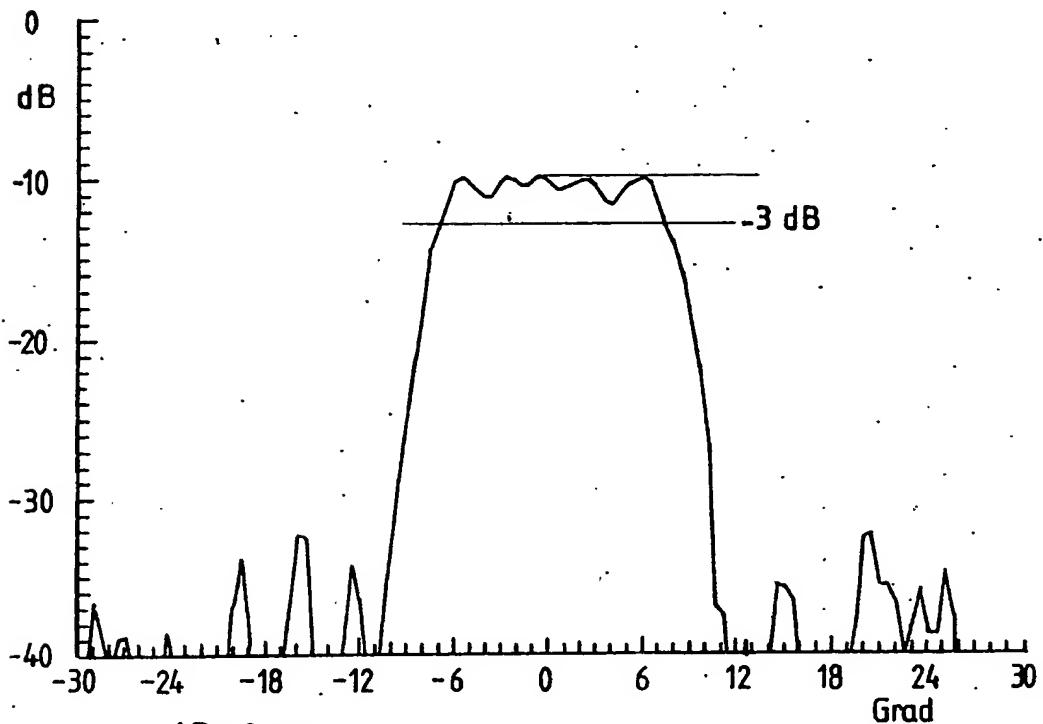


FIG. 3B

UL 80/90

K 002257

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**